

**JP8297654**

Publication Title:

**METHOD AND DEVICE FOR ORDERING MESH NODE**

Abstract:

**PURPOSE:** To reduce storage capacity and to improve arithmetic efficiency when solving a simultaneous linear equations.

**CONSTITUTION:** An input device 101 sends the data of a mesh-divided structure through a CPU 102 to a storage device 103 as a graph. A directional priority deciding device 104 receives the graph from the storage device 103 through the CPU 102, passes it through a priority deciding device 105 for the respective directions of the graph and sends this information through the CPU 102 to the storage device 103. A node numbering device 106 receives the information from the storage device 103 through the CPU 102, numbers the nodes of a group and sends this information through the CPU 102 to the storage device 103. The graph, for which all the nodes are completely numbered by ordering, is sent from the storage device 103 through the CPU 102 to an output device 107 together with the number table of respective nodes.

-----  
Data supplied from the esp@cenet database - <http://ep.espacenet.com>

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-297654

(43)公開日 平成8年(1996)11月12日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 6 F 17/12

G 0 6 F 15/324

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平7-99234

(22)出願日 平成7年(1995)4月25日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 川本 茂

茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株

式会社日立製作所電力・電機開発本部内

(72)発明者 野中 久典

茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株

式会社日立製作所電力・電機開発本部内

(72)発明者 高元 政典

茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株

式会社日立製作所電力・電機開発本部内

(74)代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

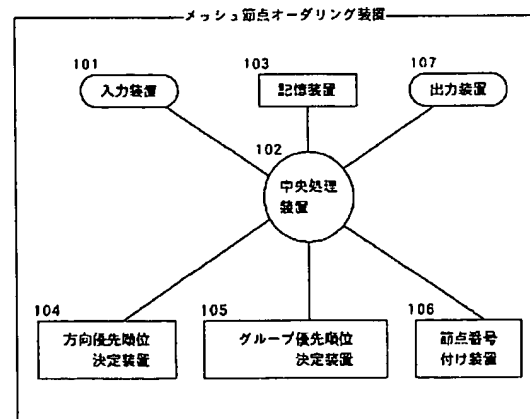
(54)【発明の名称】 メッシュ節点オーダリング方法および装置

(57)【要約】

【構成】入力装置101はメッシュ分割された構造物のデータをグラフとしてCPU102を介して記憶装置103へ送付する。方向優先順位決定装置104は、記憶装置103からCPU102を介してグラフを受け取りグラフの各方向の優先順位決定装置105を経てこの情報を、CPU102を介して、記憶装置103へ送付する。節点番号付け装置106は、記憶装置103からCPU102を介して情報を受け取り、グループの節点の番号付けを行い、この情報をCPU102を介して記憶装置103へ送付する。オーダリングにより全ての節点の番号付けが終了したグラフは、各節点の番号表とともに記憶装置103からCPU102を介して出力装置107へ送付される。

【効果】連立一次方程式を解く際に記憶容量の低減と演算効率の向上を実現することが可能になる。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 物体の形状を特徴付ける一つ以上の線または面と平行な方向にメッシュ線を引くことによりメッシュ分割された構造物で、各方向の優先順位を決定し、決定された優先順位が高い方向から順に前記方向上に位置する節点のグループ化を行って前記方向上のグループ間の優先順位を決定し、前記決定された優先順位が高いグループから順に、各グループ内に存在する節点の番号付けを行うことを特徴とするメッシュ節点オーダリング方法。

【請求項 2】 請求項 1 において、各方向の優先順位を決定する際に、各方向に沿って計数された節点数の多い方向ほど優先順位が高くなるように決定するメッシュ節点オーダリング方法。

【請求項 3】 請求項 1 において、任意の方向上のグループ間の優先順位を決定する際に、前記方向上の任意のグループを基準グループとして選択し、この基準グループからの距離が短いグループほど優先順位が高くなるように決定するメッシュ節点オーダリング方法。

【請求項 4】 請求項 1 において、各グループ内に存在する節点の番号付けを行う際に、グループが請求項 3 に記載の基準グループであれば、基準グループ内の任意の節点を、グループが前記基準グループ以外の場合は、グループ内の節点の中で、基準グループ内の基準節点に最も近い節点を、そして、グループの基準節点として選択し、この基準節点からの距離が短い順に、グループ内に存在する節点の番号付けを行うメッシュ節点オーダリング方法。

【請求項 5】 請求項 4 において、任意のグループ内の節点の番号付けを行う際に、その直前の優先順位を持つグループ内で最も大きい番号を持つ節点の番号と、前記任意のグループ内で最も小さい番号を持つ節点の番号とが連続した整数値となるように節点の番号付けを行うメッシュ節点オーダリング方法。

【請求項 6】 請求項 1 に記載のメッシュ分割された構造物のデータを入力する入力装置と、各方向の優先順位を決定する方向優先順位決定装置と、各方向上で節点のグループ化を行って各グループ間の優先順位を決定するグループ優先順位決定装置と、各グループ内に存在する節点の番号付けを行う節点番号付け装置と、オーダリング後の構造物のグラフのデータを出力する出力装置と、これら装置の制御を行う中央処理装置と、入出力データと各装置で行われる処理に必要なデータを記憶するための記憶装置とを含むことを特徴とするメッシュ節点オーダリング装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、物体の構造解析を行う過程において登場する連立一次方程式を解く際に、記憶容量の低減と演算効率の向上のため、連立一次方程式の

係数行列に対して前処理を行う方法およびその装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 構造解析では、解析の対象となる構造物を、物体の形状を特徴付ける一つ以上の線または面と平行な方向にメッシュ線を引くことによりメッシュ分割し、メッシュ線の交点（以下、このような点のことを節点と呼ぶ）およびメッシュ線の切片（以下、このような線分のことを枝と呼ぶ）によって構成されたグラフによって表現する。そして、各節点の変位（位置の変化）と外力（外部から加わる力）の関係を、係数行列  $A$  および右辺ベクトル  $b$  を用いて連立一次方程式  $Ax = b$  に定式化し、解  $x$  を求める。スカイライン行列は、構造解析の分野で一般にみられ、図 2 のように要素の大部分が零で非零要素が行列の対角付近に集中し、さらに行列の各要素が対角線を対称軸として同じ値であるという特徴を持つ行列である。スカイライン法は、スカイライン行列の特徴を生かして、連立一次方程式を解く際に、演算に関与する対角要素付近の非零要素の領域のみを記憶して、これに対する演算を実行する行列解法であり、記憶容量の低減と演算効率の向上を図る。従って、係数行列において非零要素が対角要素付近へ集している場合に、スカイライン法の性能は良くなる。

【0003】 性能の向上を図るために、係数行列の非零要素を対角要素付近に集中させることを目的として、連立一次方程式を解く前に、係数行列の行と行および列と列を交換する前処理を行う必要がある。この前処理はオーダリングと呼ばれ、係数行列の構造（図 3（a））に対応したグラフ（図 3（b）：係数行列の列の番号と非零要素がそれぞれ節点と枝に対応している）で各節点に付けられた番号を変更する操作に対応する。また、係数行列の対角要素付近へ非零要素を集中させることは、係数行列に対応したグラフで、隣接している任意の 2 節点の番号差を小さくすることに対応している。

【0004】 オーダリング方法の従来技術は、Reverse Cuthill-McKee 法（以下 RCM 法と略す。行列計算ソフトウェア：丸善株式会社、小国 力編著、村田建郎他著、1991 年）が一般に用いられている。RCM 法の実行手順の概略を図 4 と対応付けながら以下に説明する。以下の説明で、線分距離とはグラフ上で任意の 2 節点を結ぶための枝の最小本数をいう。

【0005】 （1）グラフで、各節点から出ている枝の本数を求め、枝の本数が最小の節点を基準節点として選び、節点の番号を 1 とする。

【0006】 （図 4（a）の節点 1 に対応）

（2）各節点で基準節点からの線分距離を計算し、この線分距離が短い順に全ての節点に番号を付ける。

【0007】 （図 4（a）の各頂点に付随する数字が節点番号である）

（3）（2）の時点で全ての節点に付いている節点の番

号を逆順に付け替える。(図4(b)の各頂点に付随する数字が節点番号である)

従来技術であるRCM法は、基準節点から各節点までの線分距離が等しい場合の節点の番号付けに関する指標が明確に定まっていなかったために、これらの節点の番号を任意に設定した場合、隣接している2節点の番号差の最大値が小さくならない場合が起こり得るという問題点がある。例えば、図5(a)のトラス形状物体の構造物に対応した図5(b)のグラフにRCM法を適用した場合、図6(a)のように番号を付ければ一本の枝で接続された2節点の番号差の最大値(例えば節点番号15と節点番号28)は13であるが、図6(b)のように番号を付けた場合は一本の枝で接続された2節点の番号差の最大値(例えば節点番号14と節点番号35)は21となり、隣接している2節点の番号差の最大値が大きくなってしまふ。このため、構造解析の対象がトラス形状物体であるような場合には、記憶容量の削減と演算効率の向上を実現する上で、RCM法は必ずしも有効であるとは限らない。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、基準節点から各節点までの線分距離が等しい場合に隣接している2節点の番号差の最大値が大きくなることが起こり得るという欠点を解消すべく、隣接している2節点の番号差の最大値を小さくするために、明確な節点の番号付けの設定基準を備えたオーダリング方法を与えることにある。

【0009】また、本発明では、オーダリングを行う過程で、節点のグループ化を行うための指標を与えるために、グラフの各方向の優先順位を決定するための指標を与える。

【0010】また、本発明では、オーダリングを行う過程で、各グループ毎に段階的に節点の番号付けを行うために、任意の方向上のグループ間の優先順位を決定するための指標を与える。

【0011】また、本発明では、オーダリングを行う過程で、グループ間で隣接する2節点の番号差を一定値以下に保つために、各グループ毎に節点の番号付けを行う際に、各グループ内での節点の番号付けの指標を与える。

【0012】また、本発明では、オーダリングを行う過程で、グループ間で隣接する2節点間の番号差を一定値より常に小さくするために、各グループ毎に節点の番号付けを行う際に、グループ相互の接続関係を与える。

【0013】また、本発明によるオーダリング方法を装置によって自動的に実現するためには、本発明によるオーダリング方法を適用するための構造物に関するデータの入力を行ったり、これらのデータを用いて本発明による方法に従ってデータを処理できるような装置を構成しなければならない。従って、本発明では、同時にこのよ

うな装置構成を与える。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するために、本発明では、構造解析を行う過程で登場する連立一次方程式を解く際に、この連立一次方程式の係数行列に対応したグラフに対するオーダリング方法を、グラフの各方向の優先順位を決定し、前記決定された優先順位の高い方向から順に前記方向上に位置する節点のグループ化を行って前記方向上のグループ間の優先順位を決定し、前記決定された優先順位の高いグループから順に各グループ毎にメッシュの節点の番号付けを行うことを特徴とし、グラフにおける各方向の優先順位を決定する際に、各方向に沿って計数された節点数の多い方向から順に高い優先順位を与える第1の手段と、前記グラフで任意の方向上に位置する節点のグループ化を行って各グループ間の優先順位を決定する際に、前記方向上の任意のグループを基準グループとして選択して、この基準グループからの線分距離が短い順にグループ間の順位を決定する第2の手段と、各グループ内の節点番号を決定する際に前記グループが、第2の手段で選択された基準グループであれば、前記グループ内で基準とする節点を任意に、基準グループ以外のグループであれば、前記グループの中から、基準グループ内の基準節点に最も近い節点を、基準節点として選択して、前記グループ内で基準節点からの線分距離が短い順に節点番号を決定する第3の手段と、基準グループ以外の任意のグループ内の節点番号を決定する際に、その直前の順位を持つグループ内で最も大きい節点番号と前記任意のグループ内の前記基準節点の節点番号とが連続した番号となるようにした第4の手段とから構成する。

【0015】本発明による方法を実現するためのメッシュ節点オーダリング装置は、入力装置と方向優先順位決定装置とグループ優先順位決定装置と節点番号決定装置と出力装置と中央処理装置と記憶装置から構成されることを特徴とする。

【0016】

【作用】本発明によるオーダリング方法をグラフに適用することにより、グラフで隣接する任意の2節点の番号差の最大値を小さくすることができるので、物体の構造解析を行う過程で登場する連立一次方程式をスカイライン法を用いて解く際の、記憶容量の低減と演算効率の向上に寄与することができる。

【0017】また、本発明によるオーダリング方法で、グラフの各方向に沿って計数された節点数の多い方向から順に高い優先順位を与えることにより、グラフの各方向の優先順位が決定され、グループ分けを行うための指標が得られる。

【0018】また、本発明によるオーダリング方法で、グラフの各方向上の任意のグループを基準グループとして選択して、この基準グループからの線分距離が短い順

にグループ間の優先順位を決定することにより、各グループ毎に段階的に節点の番号付けを行うための準備が完了する。

【0019】また、本発明によるオーダリング方法で、各グループの基準節点として、グループが前記基準グループであれば、グループ内の任意の節点を、グループが基準グループ以外のグループであれば、グループの中から、基準グループ内の基準節点に最も近い節点を選択し、グループ内の基準節点から近い順にグループ内の節点に番号を付けることにより、グループ間で隣接する2節点の番号差を一定値以下に保つことを可能にする各グループ内の節点の番号付けに関する指標が定まる。

【0020】また、本発明によるオーダリング方法で、任意のグループ内の番号付けを行う際に、その直前の優先順位を持つグループ内で最も大きい節点番号と、任意のグループ内の基準番号とが連続した番号となるようにすることにより、グループ間で隣接する2節点の番号差を一定値以下にするようなグループ間の接続関係が得られる。

【0021】また、入力装置は、メッシュ分割された構造物のデータをグラフとして、中央処理装置を介して記憶装置へ送付する。方向優先順位決定装置は、記憶装置から、中央処理装置を介してグラフを受け取り、グラフの各方向の優先順位を決定し、この情報を、中央処理装置を介して、記憶装置へ送付する。グループ優先順位決定装置は、記憶装置から、中央処理装置(CPU)を介してグラフおよびグラフの各方向の優先順位に関する情報を受け取り、各方向の優先順位に従って節点のグループ化を行って各グループの優先順位を決定し、この情報を、中央処理装置を介して記憶装置へ送付する。節点番号付け装置は、記憶装置から、中央処理装置を介してグラフおよび各グループの優先順位に関する情報を受け取り、グループの節点の番号付けを行い、この情報を、中央処理装置を介して記憶装置へ送付する。以上のオーダリング方法により、全ての節点の番号付けが終了したグラフは、各節点の番号表とともに、記憶装置から、中央処理装置を介して出力装置へ送付される。以上の装置構成により、本発明によるオーダリング方法を自動的に実現することが可能になる。

【0022】

【実施例】以下では本発明によるメッシュ節点オーダリング方法の実施例を図面を用いて説明する。なお、オーダリングを適用する対象として、図5(b)のようにm行n列の2次元で表現されたトーラス形状物体のグラフを例にとる。ここで、i行目j列目の節点を節点(i, j)と呼ぶ。簡単のため、以下の実施例の説明に際しては、mとnの値がそれぞれ6と8のグラフを用いる。

【0023】図7は、本発明によるオーダリング方法をフローチャートに示したものである。図7のグラフのデータを入力するステップ701でオーダリングの対象と

なるグラフを入力する。

【0024】図7のグラフの各方向の優先順位を決定するステップ702では、グラフが2次元で表現されたものであるために、行方向と列方向の2方向が優先順位を決定する対象となり、行方向と列方向のいずれが優先順位が高いかが決まる。ここでは、グラフの行方向と列方向の2方向に沿って節点数を計数すると、それぞれの方にm個とn個なので、

(1)  $m < n$  ならば、列方向の優先順位を行方向よりも高く設定する。

【0025】(2)  $m \geq n$  ならば、行方向の優先順位を列方向よりも高く設定する。

【0026】図5(b)のグラフではmとnの値がそれぞれ6と8なので、上記(1)に従って、列方向の優先順位を行方向よりも高く設定する。

【0027】図7のグループ間の優先順位を決定するステップ703では、各方向の優先順位を決定するステップで決定された2方向の優先順位に基づいて、次のように節点のグループ化を行い、各グループ間の優先順位を決定する。ここでは、節点のグループ化を列方向の優先順位に基づいて次のように行う。

【0028】(1) 行方向よりも列方向の優先順位が高い場合、各列毎に節点をグループ化し、(2) 列方向よりも行方向の優先順位が高い場合、各行毎に節点をグループ化する。例題のグラフでは行方向よりも列方向の優先順位が高いので、(1)に従って、各列毎に節点のグループ化を行う。図5(b)のグラフで、基準となるグループとして、例えば、第4列を選択し、この基準グループからの距離が短いほど優先順位が高くなるように、各グループの優先順位を決定した場合、各グループの優先順位の決定例は図8(a)のようになる。

【0029】図7の各グループ毎に節点の番号付けを行うステップ704の実施例を図面を用いて説明する。図5(b)のグラフで節点(1, 4)を基準グループ内の基準節点として選択したとき、基準節点からの距離に近い順に番号を付けた場合、基準グループ内の各節点の番号は図8(b)の第4列の節点番号として得られる。このあと、第2位から第8位までのグループで、各グループの中での基準節点を、基準グループ内の基準節点から最も近いものに設定し、各グループ内の節点の番号付けを行うと、各節点の番号は図8(b)のようになる。

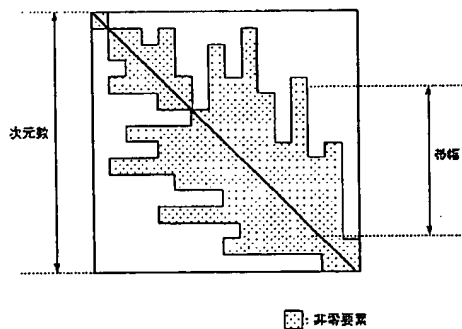
【0030】図7の実行結果を出力するステップ705は、図8(b)のような結果を出力するものである。

【0031】以下に、本発明によるメッシュ節点オーダリング装置の構成例を図1を用いて説明する。本実施例で、入力装置101は、物体の形状を特徴付ける一つ以上の線または面と平行な方向にメッシュ線を引くことによりメッシュ分割された構造物のデータをグラフとして、中央処理装置102を介して、記憶装置103へ送付する。方向優先順位決定装置104は、中央処理装置

102を介して、記憶装置103のグラフのデータを参照して、グラフの各方向に沿って節点数を計数し、節点数の多い方向が優先順位が高くなるように各方向の優先順位を決定し、この情報を、中央処理装置102を介して、グループ優先順位決定装置105へ送付する。グループ優先順位決定装置105は、記憶装置103のグラフのデータおよび各方向の優先順位の情報を参照して、優先順位の高い方向から順に節点のグループ化を行って、方向上のグループ間の優先順位を決定し、各グループ間の優先順位の情報を、中央処理装置102を介して、節点番号付け装置106へ送付する。節点番号付け装置106は、記憶装置103のグラフのデータおよび各グループ間の優先順位の情報を参照して、まだ節点の番号付けが行われていないグループの中で最も優先順位の高いグループを対象とし、グループのすべての節点に対して、節点の番号付けを行う。また、節点番号付け装置106は、節点番号を付ける際に、基準グループが対象であれば、基準グループ内の任意の節点を基準節点として選択し、基準グループ以外が対象であれば、グループの中で基準グループ内の基準節点に最も近い節点を基準節点として選択する。また、節点番号付け装置106は、各グループ内の節点の番号付けを行う際に、グループ内でグループ内の基準節点からの線分距離が短い順に、グループ内の節点の番号付けを行い、この番号に関する情報を、中央処理装置102を介して、記憶装置103へ送付する。記憶装置103は、グラフの中の全ての節点の番号が節点番号付け装置106から送付された

【図2】

図 2



後、中央処理装置102を介して、出力装置107へグラフと節点の番号を送付する。

## 【0032】

【発明の効果】物体の構造解析を行う過程で登場する連立一次方程式を解く際に、本発明によるメッシュ節点オーダリング方法および装置を用いて、連立一次方程式の係数行列の構造を変更することにより、連立一次方程式を解く際に、記憶容量の低減と演算効率の向上を実現することができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるメッシュ節点オーダリング装置のブロック図。

【図2】スカイライン行列の構造を示す説明図。

【図3】連立一次方程式の係数行列の説明図。

【図4】従来技術のオーダリング方法の説明図。

【図5】オーダリングを適用した例題の説明図。

【図6】従来技術のオーダリングの説明図。

【図7】本発明によるメッシュ節点オーダリング方法のフローチャート。

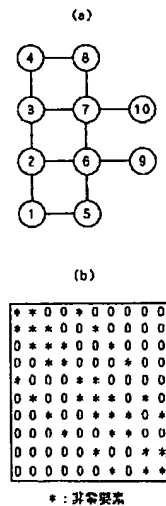
【図8】本発明によるグループの優先順位の決定の実施例の説明図。

## 【符号の説明】

101…入力装置、102…中央処理装置、103…記憶装置、104…方向優先順位決定装置、105…グループ優先順位決定装置、106…節点番号付け装置、107…出力装置。

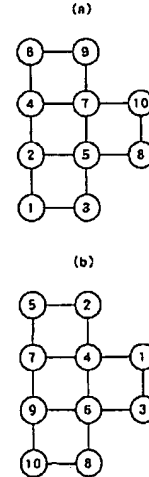
【図3】

図 3



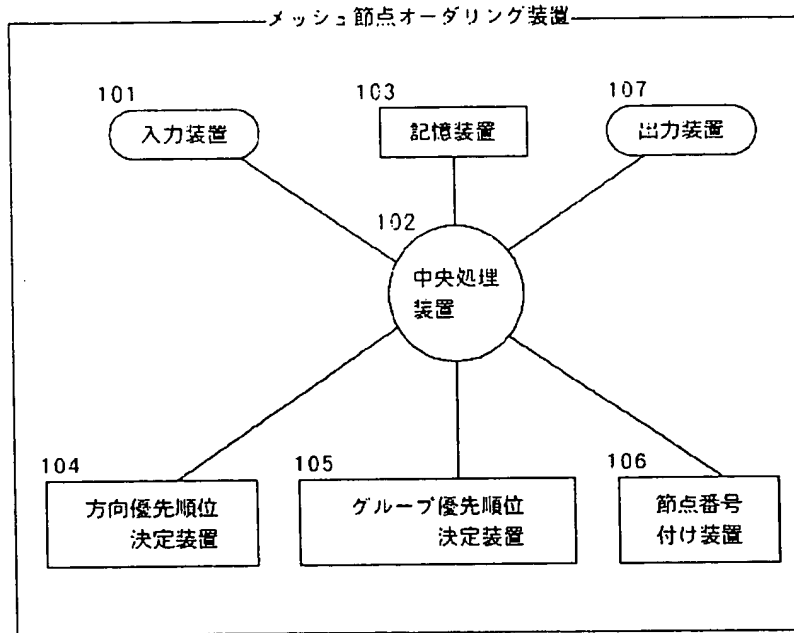
【図4】

図 4



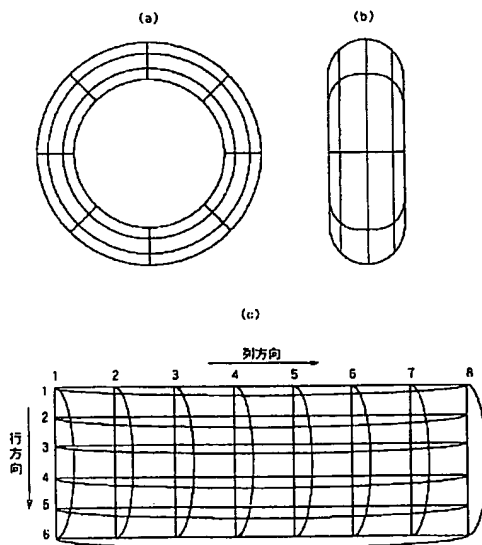
【図 1】

図 1



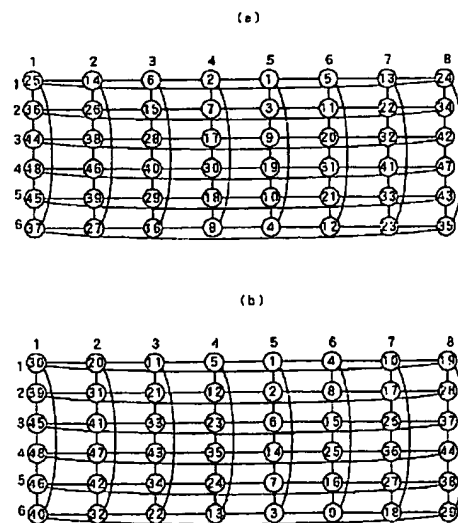
【図 5】

図 5



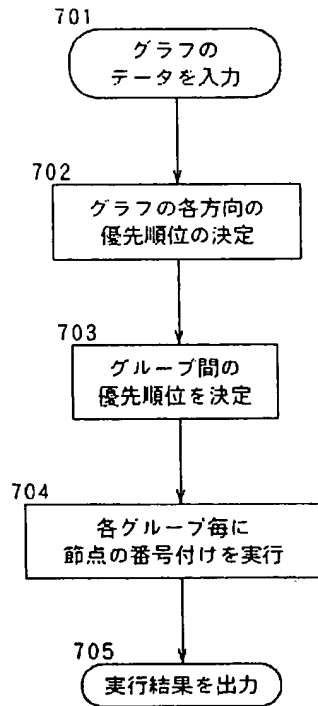
【図 6】

図 6



【図 7】

図 7



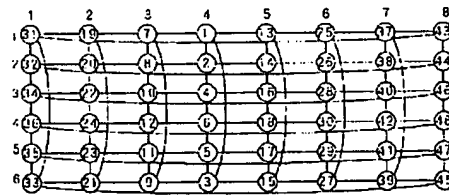
【図 8】

図 8

(a)

各列番号	1	2	3	4	5	6	7	8
グループの優先順位	6	4	2	1	3	5	7	8

(b)



フロントページの続き

(72) 発明者 小林 康弘  
 茨城県日立市大みか町七丁目 2 番 1 号 株  
 式会社日立製作所電力・電機開発本部内



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**